

В.А. Григорьев, В.М. Зорин

Тепловые и атомные электрические станции
Справочник. Книга 3

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 621.3
ББК 31.352
В11

В11 **В.А. Григорьев**
Тепловые и атомные электрические станции: Справочник. Книга 3 / В.А. Григорьев, В.М. Зорин – М.: Книга по Требованию, 2023. – 604 с.

ISBN 978-5-458-37558-0

Приведены данные о процессах, конструкциях, параметрах, методах расчета основного и вспомогательного оборудования тепловых и атомных электростанций. Значительное внимание уделено нетрадиционной энергетике. Первое издание вышло в 1982 г. Настоящее издание существенно переработано с учетом пожеланий читателей: обновлен материал всех разделов, включены материалы по теплогидродинамической надежности котлов, по высокотемпературным реакторам с газовым теплоносителем, по новому энергетическому оборудованию. Для инженеров-теплоэнергетиков, занимающихся эксплуатацией, проектированием, конструированием и исследованием технологического оборудования ТЭС и АЭС.

ISBN 978-5-458-37558-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

СОДЕРЖАНИЕ КНИГ СПРАВОЧНОЙ СЕРИИ

1. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Раздел первый	Энергетика и электрификация
Раздел второй	Единицы физических величин
Раздел третий	Основные правила оформления графической документации
Раздел четвертый	Основные сведения по математике
Раздел пятый	Вычислительная техника для инженерных расчетов
Раздел шестой	Основные сведения по физике
Раздел седьмой	Основные сведения по физической и коллоидной химии
Раздел восьмой	Конструкционные материалы теплотехники и методы контроля
Раздел девятый	Расчет на прочность элементов конструкций теплотехнического оборудования
Раздел десятый	Экономика теплоэнергетики и теплотехники
Раздел одиннадцатый	Охрана труда в теплоэнергетике и теплотехнике

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Раздел первый	Механика жидкости и газа
Раздел второй	Термодинамика
Раздел третий	Основы тепло- и массообмена
Раздел четвертый	Теплообмен в элементах сверхпроводящих систем
Раздел пятый	Охлаждение электрических машин и трансформаторов
Раздел шестой	Теплообмен в радиоэлектронной аппаратуре
Раздел седьмой	Основы теории и расчета горения топлив
Раздел восьмой	Теплотехнические измерения
Раздел девятый	Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена
Раздел десятый	Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ
Раздел одиннадцатый	Оптимизация теплофизического эксперимента

3. ТЕПЛОВЫЕ И АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Раздел первый	Паровые котлы
Раздел второй	Реакторы и парогенераторы АЭС
Раздел третий	Паротурбинные установки
Раздел четвертый	Газотурбинные и комбинированные установки
Раздел пятый	Насосы и газодувные машины
Раздел шестой	Технологические системы и компоновки ТЭС и АЭС

Раздел седьмой	Водный режим, химконтроль и обработка воды на ТЭС и АЭС
Раздел восьмой	Нетрадиционная энергетика

4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Раздел первый	Энергосбережение
Раздел второй	Высокотемпературные теплотехнологические установки
Раздел третий	Промышленные тепло- и массообменные аппараты и установки
Раздел четвертый	Электротермические установки
Раздел пятый	Холодильные и криогенные установки
Раздел шестой	Теплофикация и тепловые сети
Раздел седьмой	Системы теплоэнергоснабжения промышленных предприятий
Раздел восьмой	Автоматизированное управление теплотехническими объектами
Раздел девятый	Энергетика и охрана окружающей среды

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ СПРАВОЧНОЙ СЕРИИ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

Интенсивное развитие советской теплоэнергетики, освоение новых типов схем и оборудования для получения и использования электрической и тепловой энергии, внедрение в практику новых методов расчетов и конструирования, обновление нормативных материалов — все это предъявляет особые требования к соответствующей справочной литературе. В условиях мощного потока информации специалистам — теплотехникам и теплоэнергетикам — необходимы книги, в которых в компактной и удобной форме систематизированы сведения фундаментального и прикладного характера, достижения в методологии и конкретных разработках, имеющиеся в смежных областях техники.

Первое издание справочной серии «Теплоэнергетика и теплотехника», в которую вошли четыре книги, увидело свет в 1980—1983 гг. В рецензиях, опубликованных в журнале «Теплоэнергетика», в письмах специалистов, а также на ряде читательских конференций, проведенных Энергоатомиздатом на различных предприятиях и в учреждениях, дана в целом положительная оценка справочникам 1-го издания.

Авторы и редакторы серии искренне благодарны рецензентам, а также всем товарищам, которые в той или иной форме приняли участие в обсуждении справочников, высказали пожелания и замечания, направленные на улучшение их структуры и содержания. Все это учитывалось при работе над вторым изданием.

Особое внимание при подготовке справочников уделялось тем разделам теплоэнергетики и теплотехники, смежных наук, успехи в которых в максимальной степени служат решению магистральных задач научно-технического прогресса, ускорению социального и экономического развития страны, как они сформулированы в политическом докладе ЦК КПСС XXVII съезду партии, в Резолюции съезда. Именно эти исторической значимости документы, «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», одобренные XXVII съездом КПСС, принятая ранее Энергетическая программа СССР определили в первую очередь требования, которыми руководствовались ав-

торы и редакторы при подготовке материалов 2-го издания.

Все разделы каждой книги подверглись существенной переработке, а значительная их часть написана практически заново. Особое внимание уделено обеспечению возможности практического освоения понятий и задач каждого раздела теплотехники и теплоэнергетики, не являющимися узкими специалистами в данной конкретной области. Такая постановка задачи в наибольшей мере отвечает требованиям и целям издания, объединяющего многочисленные и разнообразные сведения. Некоторое изменение последовательности разделов во 2-м издании обусловлено стремлением усилить тематическую направленность справочников. В то же время все книги серии представляют собой единое целое. Их объединяет стремление авторского коллектива, основу которого составляют ведущие ученые Московского ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетического института, дать возможно более полный свод знаний по теплоэнергетике и теплотехнике при едином подходе к подбору и расположению включаемых в справочники сведений. Свойства и характеристики веществ и материалов в зависимости от их назначения приводятся в разных разделах. Для удобства пользования этими данными в заключительной, четвертой книге серии будет дан указатель. В списки литературы, которыми заканчиваются разделы, включены источники заимствования, а также издания, в которых читатель может получить дополнительные сведения. Все книги серии снабжаются предметными указателями.

Справочники серии предназначаются в первую очередь для практических работников — теплоэнергетиков и теплотехников, для инженерно-технического персонала электрических станций, промышленных предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций; они будут полезны также студентам и преподавателям соответствующих специальностей вузов.

Отзывы и пожелания по улучшению справочников просьба направлять по адресу: 113114, Москва, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

*В. А. Григорьев
В. М. Зорин*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный справочник является третьей книгой справочной серии «Теплоэнергетика и теплотехника» и посвящен теплоэнергетике. В нем даются сведения по основным процессам, параметрам и конструкциям установок тепловых и атомных электростанций, рассматриваются не только теплоэнергетические установки, традиционно используемые для производства электроэнергии в больших масштабах, но и другие, наиболее перспективные для народного хозяйства страны — в новом параграфе «Комбинированные установки», в новом разделе «Нетрадиционная энергетика» и др.

XXVII съезд КПСС подчеркнул важное значение для осуществления реконструкции народного хозяйства развития энергетики, выполнения Энергетической программы СССР. «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 года» предусматривают, в частности, развитие исследований в области атомной и термоядерной энергетики, преобразования электроэнергии, освоения нетрадиционных источников энергии.

Достижения в создании электрических станций в нашей стране используются и в других отраслях теплотехники, специалистам которых, а также студентам соответствующих специальностей могут быть полезны материалы данной книги.

Первый раздел справочника посвящен парогенерирующим установкам на органическом топливе. Одним из важнейших элементов ТЭС является паровой котел, надежность работы которого во многом определяет надежность и эффективность станции в целом. В разделе рассмотрены основные вопросы конструирования и расчета котлов, горелок, выбора схем и устройств пылеприготовления, базирующиеся на достижениях и тенденциях в развитии котлостроения. Особенностью 2-го издания является широкое использование в разделе нормативных материалов расчета и проектирования котла и его элементов; полностью обновлены данные по номенклатуре выпускаемых котлов, их характеристикам. Включены новые материалы по теплогидравлической надежности котла, условиям работы поверхностей нагрева, способам повышения надежности работы конструкций.

Атомные электростанции являются и будут оставаться по крайней мере в обо-

зримой перспективе важным источником энергии для народного хозяйства страны. За короткое время, которое прошло после первого издания справочника, часть материала второго раздела, посвященного реакторам и парогенераторам АЭС, устарела. В новом издании изложены современные методы теплогидравлического расчета канала (кассеты) реактора при движении в нем однофазного и двухфазного теплоносителя, теплогидравлического и конструкционного расчетов парогенераторов, методы расчета сепарации пара. Рассматриваются инженерные задачи, решаемые при проектировании реакторов и парогенераторов различных типов, а также возникающие при аварийных ситуациях. Большое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности и надежности АЭС. В разделе дополнительно включены описания конструкций и характеристики процессов высокотемпературных ядерных реакторов, реакторов атомных станций теплоснабжения, вертикальных парогенераторов АЭС с ВВЭР. Представлены тенденции развития реакторов и парогенераторов отечественной атомной энергетики.

Подавляющая часть электрической энергии в мире вырабатывается с помощью паротурбинных установок тепловых и атомных электростанций. В третьем разделе широко освещаются теплотехнические и конструктивные характеристики современных турбин мощностью 200—1200 МВт, других элементов паротурбинных установок, конденсаторов, регенеративной системы, теплофикационного и вспомогательного оборудования. Включены сведения по новым турбоустановкам АЭС большой мощности, таким, как К-1000 и ТК-450/500. В разделе даны апробированные методы основных расчетов как для номинального, так и для переменных режимов, сведения по типовым конструктивным решениям.

В четвертом разделе представлены материалы по газотурбинным установкам, которые должны найти более широкое применение в энергетике страны, прежде всего — для покрытия пиковых нагрузок энергосистем, экономии топлива на ТЭС посредством создания комбинированных парогазовых установок. Существенно дополнены сведения о ГТУ газоперекачивающих станций, даны характеристики газотурбинных нагнетателей новых конструкций отечественных и зарубежных заводов. Введен новый параграф «Комбинирован-

ные установки», в котором в кратком изложении систематизированы материалы о типах комбинированных установок, с учетом перспективы даны характеристики различных установок закрытого и открытого циклов. Включены новые сведения по парогазовым установкам, топливу для ГТУ и др.

Различного типа нагнетательные устройства находят широкое применение практически во всех отраслях техники. В пятый раздел включены тщательно отобранные сведения по лопастным насосам и вентиляторам, проверенные практикой методики их расчетов. Существенно обновлены и дополнены данные по струйным аппаратам. Ввиду невозможности включения в раздел всех материалов, которые могли бы заинтересовать читателей справочника, заметно расширен библиографический указатель, в первую очередь, за счет публикаций последних лет, также даны ссылки на другие разделы, где отражены вопросы использования насосов и газодувных машин, и сведения о специфичном оборудовании, например о главных циркуляционных насосах АЭС.

В шестом разделе, как и ранее, рассматриваются вопросы, которые обычно решаются при проектировании электростанции как единого целого. В раздел включены лишь сведения принципиального характера, необходимые при проектировании технологических систем, разработке компоновок и генеральных планов ТЭС и АЭС.

В существующих изданиях подобные справочные материалы практически отсутствуют. Даны важнейшие типовые решения, методы расчетов, рекомендуемые утвержденными после выхода в свет 1-го издания нормативными документами, фактический материал по сортаменту применяемых труб, арматуре и т. д.

Во 2-м издании объем седьмого раздела «Водный режим, химконтроль и обработка воды на ТЭС и АЭС» увеличен. Это объясняется необходимостью включения справочного материала по химическому контролю; изменено и название раздела по сравнению с 1-м изданием. В разделе даны основные понятия о показателях качества воды, характеризующих ее применение в качестве теплоносителя, приведены нормируемые показатели водно-химических режимов для котлов, парогенераторов, реакторов, тепловых сетей и систем охлаждения конденсаторов. Материал раздела по выбору схем и оборудования для очистки вод и конденсатов на ТЭС и АЭС основан на нормативных документах, введенных в действие в 1986 г. В отличие от 1-го издания подробно отражены вопросы организации ручного и автоматического химического контроля на ТЭС и АЭС, применения мембранных методов

очистки воды, приведены новые типы водоподготовительного оборудования для ТЭС и его стоимостные характеристики. Подробно изложены характеристики оборудования и схем спецводоочисток АЭС.

В восьмом разделе приведены сведения по энергетическим установкам, в которых либо источник энергии, либо способ преобразования энергии отличаются от традиционно используемых. Основное внимание уделено установкам, перспективным для крупномасштабного использования в народном хозяйстве. К их числу отнесены солнечные, ветровые и геотермальные установки, использующие возобновляемые источники энергии, термоядерные установки, составляющие базу энергетики будущего, электрохимические и другие генераторы, применяемые в более узкой и специфической области. В разделе дана общая характеристика устройств, изложены принципы их работы, методы анализа и расчета, а также приведены таблицы справочных данных или отражающие достигнутые успехи. Установки, использующие возобновляемые источники энергии, включаются в справочник впервые. Остальные материалы существенно обновлены по сравнению с разд. 9 кн. 1 1-го издания справочной серии.

Все, кто работал над материалами данной книги, искренне благодарят рецензентов разделов, все, без исключения, замечания которых самым тщательным образом учитывались при окончательной доработке материалов и, безусловно, способствовали улучшению содержания справочника.

Коллектив авторов благодарит также канд. техн. наук А. К. Городова за большую работу, сделанную им при редактировании данной книги.

Материал книги распределен следующим образом:

Раздел 1 — доктор техн. наук В. А. Двойнишников, канд. техн. наук Л. В. Деев, канд. техн. наук М. А. Изюмов (§ 1.1—1.7), канд. техн. наук В. А. Кохненко (§ 1.8).

Раздел 2 — доктор техн. наук Н. Г. Рассохин, канд. техн. наук В. Н. Мельников (пп. 2.10.3—2.10.6, § 2.11 и совместно с В. М. Уласовым § 2.9, пп. 2.10.1, 2.10.2), канд. техн. наук Г. Г. Бартоломей (§ 2.1, пп. 2.2.1, 2.2.2, 2.5.1—2.5.4, 2.5.6, совместно с чл.-корр. АН СССР В. А. Сидоренко п. 2.5.5, с доктором техн. наук Л. П. Кабановым п. 2.3.7, с канд. техн. наук В. С. Осмачкиным п. 2.3.8), доктор техн. наук Я. В. Шевелев (пп. 2.2.3, 2.3.3), канд. техн. наук А. Я. Крамеров (пп. 2.3.1, 2.3.2, § 2.4), канд. техн. наук В. С. Осмачкин (пп. 2.3.5,

2.3.6), канд. физ.-мат. наук С. В. Попов (§ 2.6), канд. техн. наук И. Н. Соколов (§ 2.7), доктор физ.-мат. наук В. В. Орлов (пп. 2.8.1, 2.8.2, 2.8.4), канд. техн. наук А. А. Ринейский (п. 2.8.3).

Раздел 3 — доктор техн. наук А. Г. Костюк (пп. 3.2.1, 3.2.2, 3.3.1, 3.3.2), канд. техн. наук В. В. Фролов (§ 3.5, 3.6, п. 3.2.3), канд. техн. наук Л. Я. Лазарев (§ 3.4, п. 3.3.3), доктор техн. наук Л. И. Селезнев (§ 3.7), доктор техн. наук А. Д. Трухний (§ 3.8), канд. техн. наук В. М. Зорин (§ 3.9, 3.11, п. 3.12.2, совместно с Г. Н. Морозовым § 3.1 и п. 3.12.1, совместно с канд. техн. наук А. И. Бисяриным п. 3.12.3), канд. техн. наук Г. Н. Морозов (§ 3.10).

Раздел 4 — канд. техн. наук В. Н. Абрамов, канд. техн. наук Г. Н. Морозов (пп. 4.2.1—4.2.3).

Раздел 5 — доктор техн. наук Г. А. Филиппов (§ 5.4) и канд. техн. наук А. И. Соколов.

Раздел 6 — доктор техн. наук Д. П. Елизаров (§ 6.3), канд. техн. наук Е. И. Гаврилов (§ 6.7, пп. 6.2.1, 6.6.1—6.6.3), доктор техн. наук Моисахов А. С. (§ 6.5, пп. 6.2.2, 6.6.4 и совместно с И. Н. Тамбиевой § 6.1, с Ю. А. Клушиным § 6.8), проф. Ю. А. Клушин и И. Н. Тамбиева (§ 6.4).

Раздел 7 — доктор техн. наук О. И. Мартынова, канд. техн. наук А. С. Копылов.

Раздел 8 — доктор техн. наук В. В. Сычев, доктор техн. наук Б. И. Казанджан (§ 8.2, 8.3, пп. 8.1.1—8.1.6), доктор техн. наук Э. Э. Шпильрайн, канд. техн. наук А. П. Севастьянов (§ 8.4, 8.5, 8.6, п. 8.1.7), доктор техн. наук Н. Н. Семашко, доктор техн. наук В. П. Горбатов (§ 8.7), доктор техн. наук Н. В. Коровин (§ 8.8).

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Паровой котел — это устройство, в котором для получения пара требуемых параметров используют теплоту, выделяющуюся при сгорании органического топлива. Основными элементами котла являются топка и теплообменные поверхности. Последние по протекающим в них процессам подразделяются на *нагревательные, испарительные и пароперегревательные*, а по способу передачи теплоты — на *радиационные, конвективные и радиационно-конвективные*.

Взаимное расположение топки и газоходов, в которых размещаются теплообменные поверхности нагрева, т. е. *компоновка котла*, определяется свойствами сжигаемого топлива, паропроизводительностью и выходными параметрами пара.

Различают П-, Т- и N-образные и башенную компоновки котла (рис. 1.1). При сжигании мазута, природного газа, как правило, используется П-образная компоновка (рис. 1.1, а), при которой котел имеет два вертикальных газохода (топочную камеру и конвективную шахту) и соединяющий их горизонтальный газоход. При сжигании твердых топлив она применяется в котлах паропроизводительностью до 1000—1600 т/ч.

Т-образная компоновка (рис. 1.1, в), способствующая уменьшению глубины конвективной шахты и высоты соединительного газохода, применяется для мощных котлов ($D \geq 1000$ т/ч), работающих на твердых топливах. Для углей с высокоабразивной золой Т-образная компоновка применяется для котлов, начиная с $D \geq 500$ т/ч.

N-образная компоновка котла (рис. 1.1, б) используется при сжигании топлив с высоким содержанием в золе оксида кальция и щелочей. Котел выполняется трех- или четырехходовым, с подъемной или инвертной топкой и ширмами в промежуточных газоходах.

Для мощных котлов при сжигании газа и мазута или твердого топлива (в том числе и бурых углей с большим содержанием высокоабразивной золы) может быть использована башенная компоновка котла (рис. 1.1, г) в сочетании с открытой и полукрытой компоновками котельной установки. В СССР по климатическим условиям последние не применяются.

Паровой котел как основной элемент входит в состав *котельной установки*, которая включает в себя:

топливный тракт — комплекс оборудования (дробилки, бункера, питатели сырого топлива и пыли, углеразмольные мельницы, сепараторы, транспортеры и пылепроводы) для подачи и подготовки твердого топлива к сжиганию;

пароводяной тракт, представляющий собой систему последовательно включенных элементов оборудования (экономайзер, топочные экраны и пароперегреватели), в которых движется питательная вода, пароводяная смесь и перегретый пар;

газовоздушный тракт, состоящий из последовательно расположенных воздушно-го и газового трактов. Первый из них включает в себя совокупность оборудования (дутьевые вентиляторы, коробка холодного и горячего воздуха, воздухоподогреватели и горелочные устройства) для забора воздуха из атмосферы и подачи его

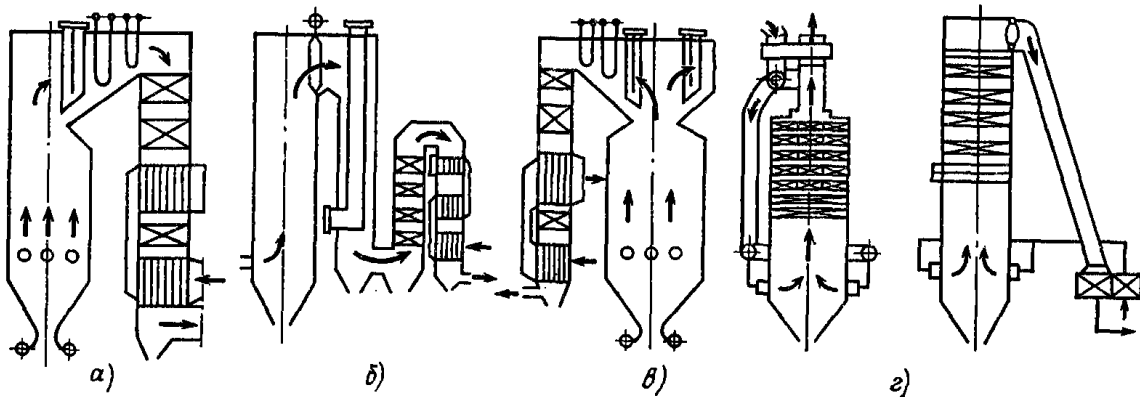


Рис. 1.1. Основные компоновки котлов:

а — П-образная; б — N-образная (4-ходовая); в — Т-образная; г — башенная

в топку котла, второй — комплекс элементов котельной установки (топка и конвективная шахта котла, золоуловители, дымососы, дымовая труба), по которым осуществляется движение продуктов сгорания до выхода в атмосферу.

Классификация паровых котлов. По виду сжигаемого топлива различают паровые котлы для газообразного, жидкого и твердого топлива, по фазовому состоянию выводимого из топки шлака — котлы с твердым и жидким шлакоудалением. По виду газовоздушного тракта котлы делят на котлы с естественной, с уравновешенной тягой и с наддувом, а по виду пароводяного тракта — на барабанные с естественной и многократно-принудительной циркуляцией, прямоточные и с комбинированной циркуляцией.

Паровые котлы характеризуются следующими основными параметрами: номинальной паропроизводительностью, давле-

нием, температурой пара (основного и промежуточного перегрева) и питательной воды.

Номинальная паропроизводительность — наибольшая паропроизводительность, которую стационарный котел должен обеспечивать в длительной эксплуатации при сжигании основного топлива или подводе номинального количества теплоты при номинальных значениях параметров пара и питательной воды с учетом допускаемых отклонений.

Номинальное давление — давление пара, которое должно обеспечиваться непосредственно перед паропроводом к потребителю пара при номинальной паропроизводительности стационарного котла.

Номинальная температура — температура пара, которая должна обеспечиваться непосредственно перед паропроводом к потребителю пара при номинальных значениях давления пара, температуры пита-

Т а б л и ц а 1.1. Основные параметры энергетических котлов [6]

Тип котла	Паропроизводительность, т/ч	Абсолютное давление, МПа	Температура пара, °С	Температура промежуточного перегрева пара, °С	Температура питательной воды, °С
Е	(160); 220	9,8	540	—	215
	(210); 320; 420; 500; 820	13,8	560	—	230
Еп, Пп	670	13,8	545	545	240
Пп	1800	13,8 *	515 *	515 *	240 *
Пп, Кп	1000; 1650; 2650; 3950	25,0	545	542	270

* Значения параметров уточняются при проектировании.

П р и м е ч а н и я: 1. Обозначения типа котла: Е — с естественной циркуляцией, Еп — то же с промежуточным перегревом пара; П — прямоточный, Пп — то же с промежуточным перегревом пара, Кп — с комбинированной циркуляцией и промежуточным перегревом пара.

2. Условное обозначение типоразмера котла включает последовательно расположения: обозначение типа котла, значения его паропроизводительности, значение абсолютного давления пара, МПа, значения температур пара и промежуточного перегрева пара, индексов вида топлива и типа топки, для котлов с наддувом — добавочный индекс Н.

Если температуры пара и промежуточного перегрева одинаковы, то температуру указывают 1 раз, если они различны, то указывают через знак дроби обе температуры.

Для обозначения вида топлива и типа топки используются следующие индексы: К — каменный уголь и полуантрацит, Б — бурый уголь, С — сланцы, М — мазут, Г — газ, Т — камерная топка с твердым шлакоудалением, В — вихревая топка, Ц — циклонная топка, Ф — топка с кипящим слоем. Пример условного обозначения котла типа Пп паропроизводительностью 2650 т/ч, с абсолютным давлением пара 25,0 МПа, температурой промежуточного перегрева пара 567 °С, со сжиганием каменного угля в топке с твердым шлакоудалением: котел паровой Пп-2650-25-545/567КТ.

3. Изготовление котлов, значения паропроизводительности которых заключены в скобки, допускается только по согласованию между изготовителем и потребителем.

4. Котлы с абсолютным давлением пара 13,8 и 25,0 МПа с промежуточным перегревом пара допускаются изготавливать на температуры пара 570, 565 °С и температуры промежуточного перегрева пара 560, 567 °С соответственно по согласованию между изготовителем и потребителем, а также при наличии труб с необходимыми механическими свойствами для изготовления паропроводов, коллекторов и пароперегревателей на эти температуры. При этом номинальная паропроизводительность котла изменяется по сравнению с указанной в таблице в соответствии с изменением расхода пара на турбину.

5. Допускается также по согласованию между изготовителем и потребителем изготовление котлов паропроизводительностью, отличающейся от приведенной в таблице не более чем на $\pm 5\%$.

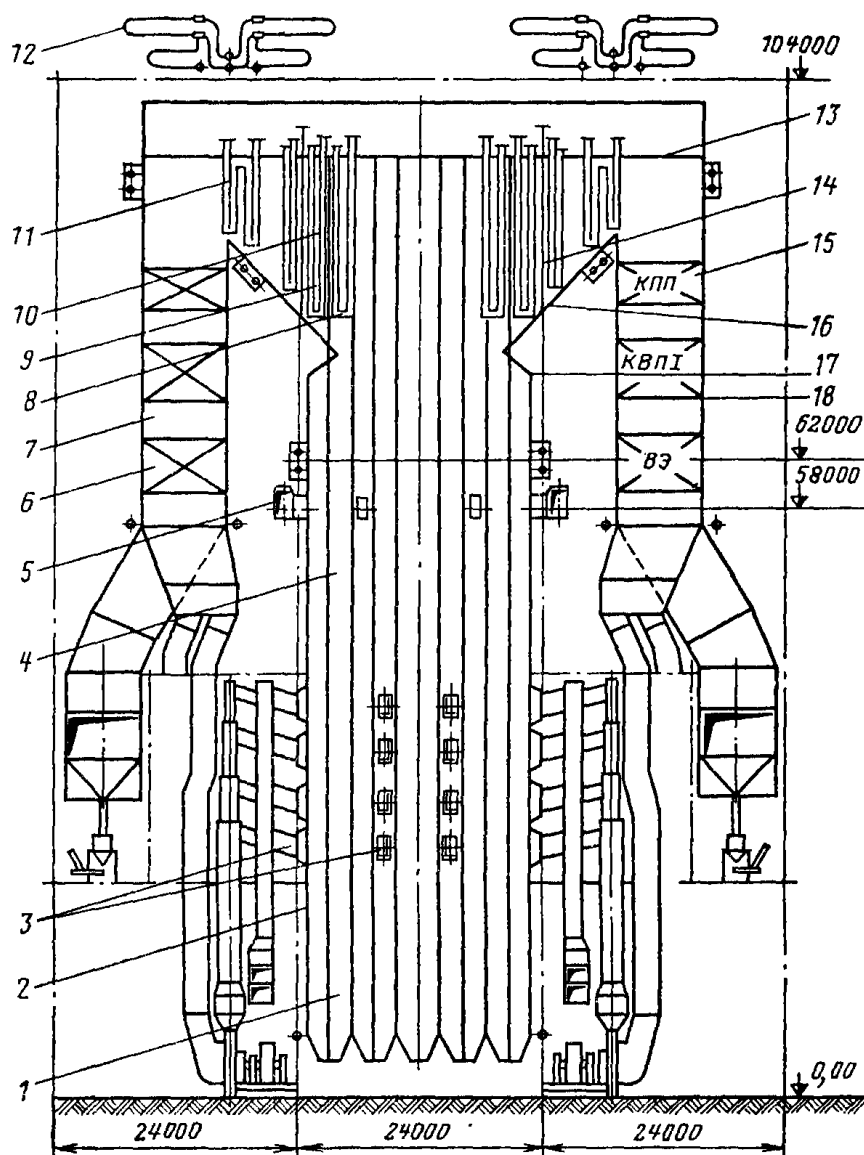


Рис. 1.2. Паровой котел П-67:

1 — нижняя радиационная часть; 2 — топочная камера; 3 — горелка; 4 — верхняя радиационная часть; 5 — узел ввода рециркулирующих газов; 6 — экономайзер; 7 — конвективная шахта; 8 — третья ступень ширмовой поверхности пароперегревателя; 9 — вторая ступень ширмовой поверхности пароперегревателя; 10 — первая ступень ширмовой поверхности пароперегревателя; 11 — ширмовая поверхность промежуточного перегревателя; 12 — паропаровой теплообменник; 13 — потолочный экран; 14 — фестон; 15 — конвективный пакет пароперегревателя; 16 — экран соединительного газохода; 17 — аэродинамический выступ; 18 — конвективный пакет промежуточного пароперегревателя

тельной воды, паропроизводительности, а также номинальных значений остальных параметров пара промежуточного перегрева с учетом допускаемых отклонений.

Номинальная температура промежуточного перегрева пара — температура пара непосредственно за промежуточным пароперегревателем котла при номинальных значениях давления пара, температуры питательной воды, паропроизводительности, а также номинальных значений остальных параметров пара промежуточного перегрева с учетом допускаемых отклонений.

Номинальная температура питательной воды — это температура воды, которую необходимо обеспечить перед входом в экономайзер или другой относящейся к котлу подогреватель питательной воды (при их отсутствии — перед входом в барабан) при номинальной паропроизводительности.

Основные параметры энергетических котлов, выпускаемых энергомашиностроительной промышленностью СССР, стандартизованы ГОСТ 3619-82 (табл. 1.1).

Технические характеристики современных мощных пылеугольных и газомазутных

Т а б л и ц а 1.2. Техническая характеристика пылеугольных котлов [9, 19, 27]

Типоразмер котла по ГОСТ 3619-82	Заводская маркировка	Завод-изготови- тель	Топливо	Температура, °С			КПД (брутто), %	Тип воздухоподо- гревателя	Габариты котла в осях колонн, м				Масса металла котла, т				Компновка котла	Перулирование тем- пературы перепада вторичного пара	Оптовая цена, тыс. руб.
				подогрева воздуха	уходящих газов	питательной воды			ширина	глубина	высота	общая	поверхностей под давле- нием	легированной стали	каркаса				
Котлы, работающие на бурых углях, лигнитах																			
Пл-2650-25-545БТ	П-67	ЗиО	Березов- ский бурый уголь	322	163	295	91,9	ТВП	24	33	106,4	19 610	8 000	7 727/750	—	Т-обр.	ППО	20 000	
Пл-1650-25-545БТ	П-70	»	Венгер- ский бурый уголь	335	170	271	90,5	РВП	52,9	18,5	95	11 000	4 760	3 986/447	3 250	То же	»	14 204	
Пл-1000-25-545БТ	П-64	»	Югослав- ские лигниты	324	174	273	88,46	ТВП	36	24	67,8	9 500	2 450	1 476/151	3 336	»	»	6 496	
Пл-1000-25-545БТ	П-59	»	Подмос- ковный бурый уголь	438	150	268	91,0	ТВП	36	24	62,17	8 182	3 751	2 048/78,2	1 948,5	»	»	5 240	
Пл-670-13,8-545БТ	П-60	»	Немецкий бурый уголь	280	159	240	87,0	РВП	36	24	65,9	6 138	1 669	955/0,15	2 392	»	»	3 913	
Ел-670-13,8-545БТ	П-62	»	Болгар- ские лигниты	269	173	242	83,6	ТВП	41	17	54	7 625	2 140	679/109	4 060	»	Байпас	5 500	
Пл-660-13,8-540БТ	П-52	»	Немецкий бурый уголь	272	155	240	88,87	РВП	30	22	51,8	4 630	1 400	880	1 659	»	ППО	2 723	
Пл-660-13,8-545БТ	П-65	»	Югослав- ские лигниты	294	166	243	87,3	РВП	36	24	65,9	6 600	1 800	1 114/0,175	2 481,5	»	»	4 404	